

ровск: АРТ-ПРЕСС, 2007. – С. 52 – 61. 4. Франчук В.П. Конструкция и динамический расчет вибрационных мельниц / В.П. Франчук // Техника и технология обогащения руд. – М.: Недра, 1995. – С. 143 – 160.

*Поступила в редколлегию 19.05.09*

УДК 666.965(063):519.2

***Е.С. ШИНКЕВИЧ***, докт. техн. наук, ***Е.С. ЛУЦКИН***, канд. техн. наук,  
***Г.Г. БОНДАРЕНКО, Ю.В. ДОЦЕНКО***, ОГАСА

### **ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИЛИКАТНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Традиційно термічна активація компонентів силікатобетонної суміші здійснюється в автоклавах, де в умовах підвищеної температури і тиску відбувається гідротермальний синтез гідросилікатів кальцію. На основі експериментально-теоретичних досліджень обґрунтована можливість отримання силікатних матеріалів неавтоклавного тверднення методом литт'євого формування силікатобетонних механохімічно активованих сумішей.

Traditionally thermal activation of components lime-silica mixes is carried out in autoclaves where in conditions of the raised temperature and pression there is a hydrothermal synthesis of hydrosilicates of calcium. On the basis of the opportunity of reception of silicate materials non-autoclave hardening by a method molding formations lime-silica mechano-chemistry activated mixes is experimentally-theoretical studies proved.

**Введение.** Многочисленные исследования последних десятилетий посвящены механическим методам ускорения химических реакций, особенно между твёрдыми неорганическими веществами, происходящими при формировании структуры и свойств строительных композитов. Явления механохимии синтезируют в себе положительные эффекты механической и химической группы технологических факторов.

Механохимическая активация является перспективным направлением для получения силикатных композитов неавтоклавного твердения [1].

Традиционно термическая активация компонентов силикатобетонной смеси осуществляется в автоклавах, где в условиях повышенной температуры и давления происходит гидротермальний синтез гидросилікатів кальція.

Специальные способы помола и обработки сырьевых компонентов для силикатных материалов автоклавного твердения: дезинтеграция, помол наполнителей, вибро- и струйный помол сопровождаются механохимической активацией и происходят за счет особых свойств вновь образовавшихся поверхностей.

Механохимические явления проявляются также при внешних воздействиях большой интенсивности на вязкотекучие дисперсные системы, содержащие в своем составе кристаллический кварц [2].

**Целью** настоящего исследования является использование механохимических процессов и сопровождающих их эффектов для получения силикатных строительных композитов по литьевой энергосберегающей технологии.

Внедрение литьевой технологии до последнего времени сдерживалось повышенной водопотребностью силикатобетонной смеси, особенно в случае использования в качестве компонента сырьевой смеси аморфных химически активных форм кремнезема. Такие кремнеземсодержащие горные породы (трепел, опока, диатомит) и техногенные отходы (шлаки, золы) повышают и без того высокую водопотребность смеси более, чем в 1.5 раза, что отрицательно сказывается на морозостойкости и долговечности изделий.

**Эффекты, сопутствующие механохимической активации в жидкой дисперсионной среде.** Механохимические процессы (ускорение химических реакций, увеличение скорости растворения, изменение структуры и физико-химических свойств веществ, понижение температуры, необходимой для реагирования и спекания и т. д.) происходят в момент механической обработки или являются её следствием.

Сопутствующим эффектом механохимической активации в жидких средах является снижение вязкости [3]. Вязкость известково-кремнеземистого вяжущего при механохимической активации может быть снижена в 10 раз – с 2000 до 200 Па·с (на вискозиметре с коаксиальными цилиндрами в диапазоне градиентов скорости деформаций  $1 < \dot{\gamma} < 134 \text{ с}^{-1}$ ) без изменения его водопотребности (рис. 1). Введение мелкозернистого заполнителя повышает эффективную вязкость с 2000 до 6000 Па·с.

Однако, в процессе механохимической активации эффективная вязкость смеси с мелкозернистым заполнителем снижается до 1800 Па·с, т.е. снижается более чем в 3 раза и достигает вязкости необработанной суспензии вяжущего.

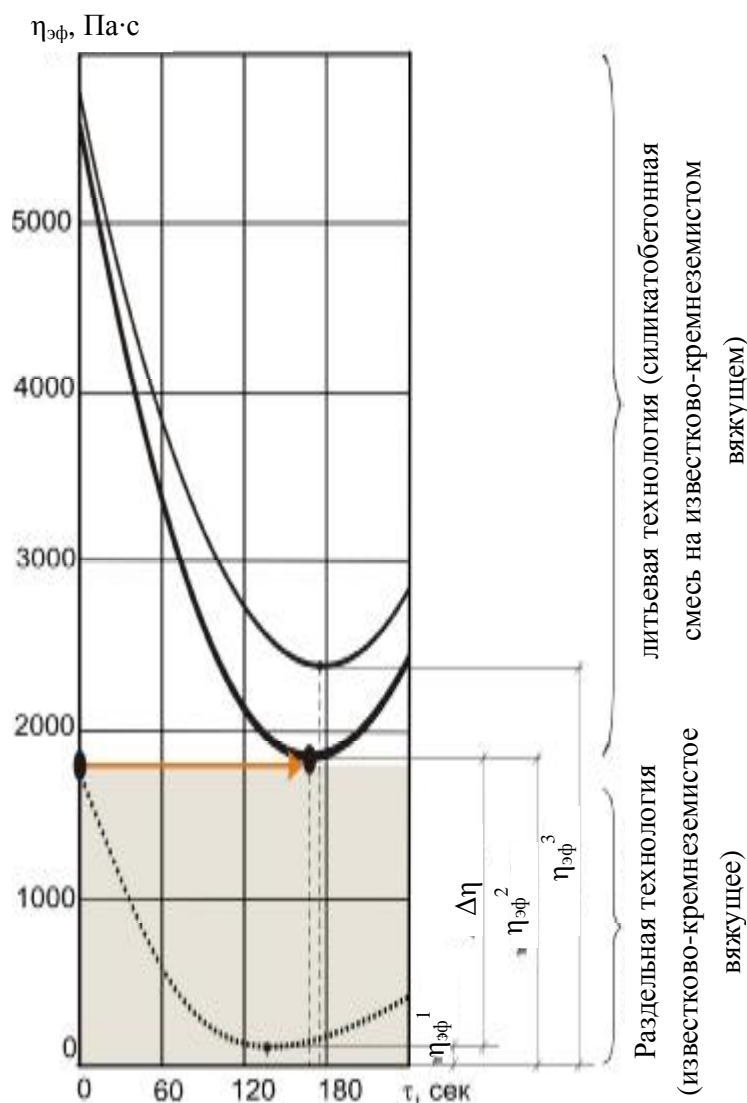


Рис. 1. Изменение эффективной вязкости при механохимической активации

Этот эффект снижения вязкости использован для проведения активации вяжущего совместно с мелкозернистым заполнителем ( $\eta_{\text{эф}}^2 - \eta_{\text{эф}}^1$ ) и компенсации повышения вязкости смеси за счет введения минеральной добавки аморфной структуры ( $\eta_{\text{эф}}^3 - \eta_{\text{эф}}^1$ ). Введение минеральной добавки приводит к повышению эффективной вязкости смеси не более чем на 10 % (рис. 1).

Мелкозернистый заполнитель, подвергаясь механохимической активации выступает в роли активного компонента сырьевой смеси.

Аморфизированная поверхность мелкозернистого заполнителя – это активная подложка, на которой формируются гидросиликаты. Глубина фронта реакции на поверхности активированного зерна кварца может соответствовать десяткам мономолекулярных слоев воды в отличие от идеаль-

ного кристалла кварца, глубина фронта реакции которого соответствует монослою воды. С увеличением размера зерна кварца степень аморфизации его поверхности возрастает. Повышение активности поверхности заполнителя – это один из способов, который обеспечивает повышение прочности, морозостойкости и деформативности и, как результат, долговечности бетона [1].

**Оценка эффектов механохимической активации по экспериментально-статистическим моделям.** Относительная оценка вклада механохимической активации в формирование структуры и свойств силикатных композитов неавтоклавного твердения проведена на модельных дисперсных системах с использованием аппарата математической теории планирования экспериментов [4]. Для количественной оценки влияния различных видов активации проведена серия натурных экспериментов.

Проведение четырех экспериментов по одному и тому же плану, в которых варьировались одни и те же факторы на одинаковых уровнях, позволило, в результате проведенных дополнительных вычислительных экспериментов, численно оценить различные виды активации по обобщающим поля свойств показателям  $\delta A^i$ . Четыре натурных эксперимента (для каждого типа дисперсных систем) проводились по одному и тому же 24-точечному плану вида "треугольники на кубе" типа MTQ [4]. В каждом плане варьируется одновременно три зависимых (смесевых) и три независимых фактора состава. В качестве трех смесевых факторов фиксировалась удельная поверхность кремнеземистого компонента на одинаковых уровнях. В качестве трех независимых факторов изменялось содержание добавок: NaOH –  $(0 \div 1) \%$ , гипса –  $(0 \div 5) \%$  и жидкого стекла –  $(0 \div 1) \%$ .

В исследовании проанализировано четыре вида дисперсных систем:

- неактивированные и механоактивированные системы, в которых в качестве кремнеземистого компонента использован молотый кристаллический кварцевый песок с различной величиной удельной поверхностью;
- неактивированные и механоактивированные системы, в которых в качестве кремнеземистого компонента использован аморфный кремнезем в виде трепела. Последний размалывался до тех же значений величины удельной поверхности, что и кварцевый песок.

В результате реализации эксперимента получены четыре экспериментально-статистические модели, которые описывают влияние исследуемых факторов на активность дисперсных систем.

Химическая активность  $A$  дисперсных систем характеризовалась количеством химически связанного из раствора гидроксида кальция, мг/г:  $A_{\text{тр}}^{\text{на}}$  и  $A_{\text{тр}}^{\text{а}}$  – неактивированные и активированные системы (соответственно), содержащие аморфный кремнезем;  $A_{\text{кв}}^{\text{на}}$  и  $A_{\text{кв}}^{\text{а}}$  – неактивированные и механо-активированные системы (соответственно), содержащие кристаллический кварц.

Влияние химической активации за счет использования аморфных форм кремнезема взамен кристаллического кварца в вяжущем оценено с использованием обобщающего показателя в виде отношения  $\delta A^x = A_{\text{тр}}^{\text{а}}/A_{\text{кв}}^{\text{а}}$ . Активность активированных дисперсных систем за счет введения аморфного кремнезема взамен молотого кварцевого песка увеличивается в  $\delta A^x = 2.13 \div 2.93$  раза (рис. 2).

Влияние механохимической активации оценено отдельно для трепела и кристаллического кварца по обобщающим показателям вида  $\delta A^{\text{мх}} = A_{\text{тр}}^{\text{а}}/A_{\text{тр}}^{\text{на}}$  и  $\delta A^{\text{мх}} = A_{\text{кв}}^{\text{а}}/A_{\text{кв}}^{\text{на}}$  соответственно.

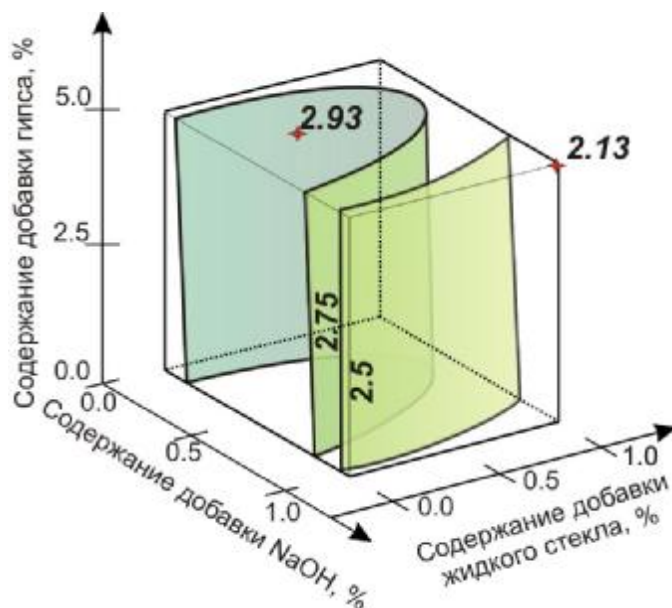


Рис. 2. Относительное повышение активности известково-кремнеземистых дисперсных систем за счет применения механохимической активации.

Активность дисперсных систем за счет активации трепела увеличивается  $\delta A^{\text{мх}} = 1.18 \div 1.34$  раза (рис. 3), за счет активации кристаллического кварца –  $\delta A^{\text{мх}} = 1.37 \div 1.63$  раза (рис. 4).

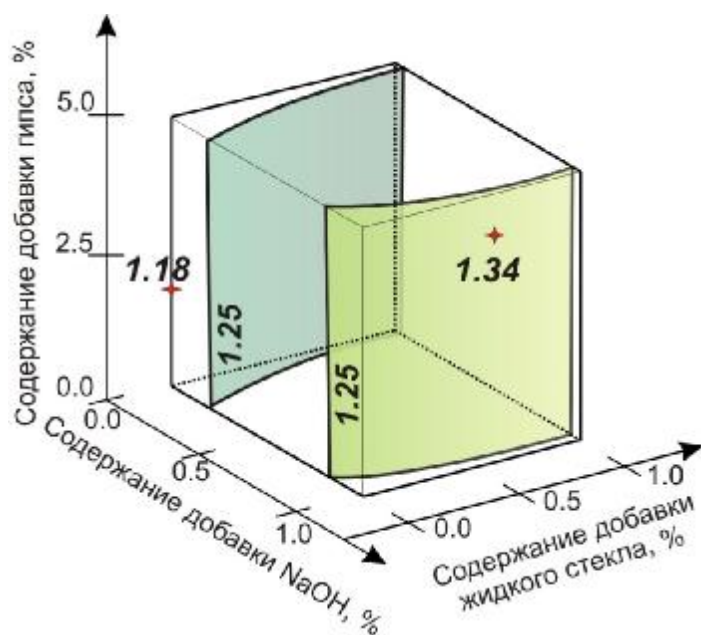


Рис. 3. Относительное повышение активности известково-кремнеземистых дисперсных систем за счет применения механохимической активации.

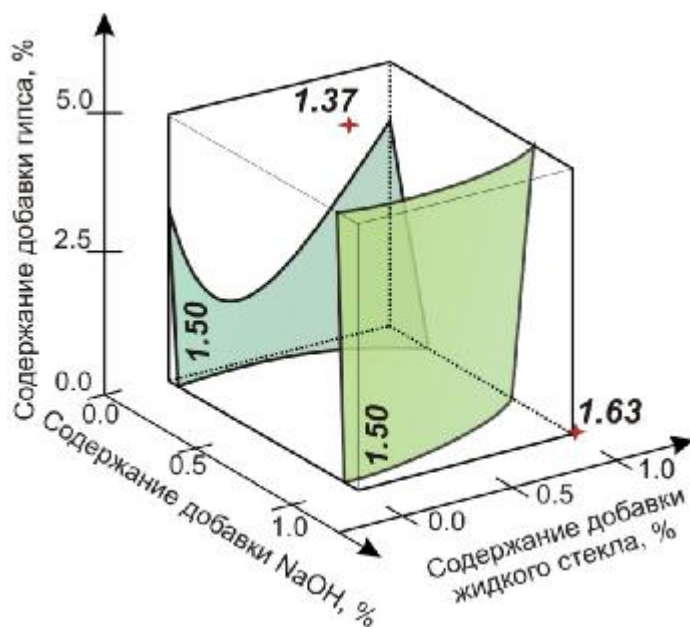


Рис. 3. Относительное повышение активности известково-кремнеземистых дисперсных систем за счет применения механохимической активации.

### Закключение.

Эффект снижения вязкости вязкотекучих дисперсных систем использован для совместной механохимической активации всех компонентов силикатобетонной, включая мелкозернистый заполнитель, и производства силикат-

них материалов по литевой технологии. Оценен вклад механохимической активации в формирование структуры и свойств силикатных композитов неавтоклавного твердения. Полученные зависимости позволяют регулировать процессов структурообразования и уровень свойств силикатных композитов неавтоклавного твердения.

**Список литературы:** 1. *Шинкевич О.С.* Розвиток наукових основ отримання вапняно-кремнеземистих будівельних композитів неавтоклавного твердіння: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. тех. наук: спец. 05.23.05 «Строит. матер. и изд.» / *О.С. Шинкевич*. – Одеса, 2008. – 32 с. 2. *Lyashenko T.* Experimental-statistical Modeling the Effect of Multi-fractional Filler on Rheological Indices of Compositions : Proceedings of Fifth European Rheology Conference / [*T. Lyashenko, I. Barabash, E. Shinkevich and others*]. – Ljubljana, 1996. – P. 104 – 105. 3. *Шинкевич Е.С.* Силикатные материалы неавтоклавного твердения: технология, свойства: Материалы международного конгресса Наука и инновации в строительстве SIB 2008 (Современные проблемы строительного материаловедения и технологии) / [*Е.С. Шинкевич, Е.С. Луцкин, А.А. Койчев, Г.Г.Бондаренко*]. – Воронеж: 2008. – Том 1, Книга 2. – С. 659 – 667. 3. 4. *Вознесенский В.А.* ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / [*В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов*]. – К.: Будівельник, 1989. – 240 с.

*Поступила в редколлегию 25.05.09*

УДК. 537. 531: 621. 539.3

*А.В. БАШТА*, канд. техн. наук, НУХТ, м. Київ

## **ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПОВТОРНО-ЗМІННОМУ НАВАНТАЖЕННІ**

У статті представлені методика і результати експериментальних досліджень структурної міцності тугоплавких матеріалів при повторно-змінному симетричному навантаженні. Зроблена спроба проаналізувати вплив різних технологічних факторів на фізико-механічні властивості матеріалів, які досліджуються

In paper are presented the methodology and results of experimental researches of the structural strength of refractory materials re-alternating symmetris loading. Was made an attempt to analyze the impact of various technological factors on the physical and mechanical properties of materials that are researched.

**Постановка задачі дослідження.** Поліпшення характеристик міцності шляхом напилення, обробки поверхонь елементів високотемпературними га-